

Japanese Examined Patent Publication No. HEI 5-42209 B

Publication Date : June 25, 1993

Applicant : Mitsubishi Denki K. K.

Title : SAMPLING SIGNAL SYNCHRONIZING SYSTEM

5

(57) Scope of Claims

1. A sampling signal synchronizing system in a communication system in which two apparatuses mutually transmit and receive sampling signals, obtained by the two apparatuses
10 by sampling in the equal period, in the same period as that of the sampling, in a common transmission format including sampling numbers that change in the same period as that of the sampling signals and that are periodically generated by repetition, the sampling signal synchronizing system
15 characterized in

that the repetition period of the sampling numbers is longer than two times the transmission delay time between the two apparatuses,

that when a signal has been transmitted from one apparatus
20 and when this signal has been received by the other apparatus,

the other apparatus measures a time T_s that is a time difference between a time of the reception of the signal and a time when said other apparatus has transmitted a signal immediately before,

25 that said other apparatus transmits data for reporting

the reception of the signal and the measured value T_s of said time to said one apparatus,

that said one apparatus measures a time T_M that is a time difference between a time of the reception of the signal
5 transmitted from said other apparatus and a time when said one apparatus has transmitted a signal immediately before, and

that said one apparatus adjusts a sampling timing of either said one apparatus or said other apparatus so that a time difference ΔT between sampling timings of these apparatus
10 becomes zero, based on the measured time T_M and the measured time T_s transmitted from said other apparatus, and then adjusts a sampling number of either said one apparatus or said other apparatus based on an expression of $\epsilon = RA1 - (SA2 - 1) / 2$ so that sampling numbers generated by both apparatuses coincide
15 with each other based on the sampling number $RA1$ relating to a reception time of a signal transmitted from said other apparatus, a sampling number at a transmission time of said one apparatus, and the sampling number $SA2$ at a reception time of said one apparatus.

20 Detailed Description of the Invention

[Industrial Field of the Invention]

The present invention relates to a synchronizing system in a communication apparatus that compares values sampled at the same time at remote places, and relates, more particularly,
25 to a sampling signal synchronizing system that is used for a

protective relay unit of a transmission line, for example.

[Prior Art]

There has come to be utilized a protective relay unit (a carrier relay) that measures currents at two remote places in a transmission line, compares these currents, and checks presence or absence of an abnormal condition. According to such a comparison type protective relay unit, the unit samples instantaneous values of currents at two points of a transmission line at every predetermined period, A/D (analog to digital) converts the currents, and then transmits the currents to mutually opposite apparatuses using a microwave line, for example. Each apparatus compares the value of the own apparatus with the received value of the other apparatus, thereby to monitor a system trouble of the transmission line.

In this case, it is necessary that the sampling timings of both apparatuses are the same. Further, it is general that a time period from when data has been transmitted till when the other apparatus receives the data, that is, a transmission delay time, is longer than a sampling period, and is a few times the sampling period.

Therefore, it is necessary that the sampling timings are attached with a series of repetition numbers, and that the data sampled by both apparatuses at the same time are mutually transmitted by being attached with an identical number, thereby to ensure the comparison of the data. According to this

protective relay unit, synchronizing means for synchronizing between the timing and the sampling signal is very important. As this type of signal synchronizing system, there has been proposed, for example, Japanese Patent Application Laid-Open
5 (JP-A) No. 50-49645. This will be briefly explained below.

Figs. 4a and 4b are diagrams for explaining the principle of the invention of Japanese Patent Application Laid-Open (JP-A) No. 50-49645. An apparatus that takes a leadership of synchronization will hereinafter be referred to as a main station,
10 and an apparatus that follows the synchronization will hereinafter be referred to as a subordinate station. Data of a specific sampling number to be transmitted from the main station to the subordinate station will be called S_1 , and data of a specific sampling number to be transmitted from the
15 subordinate station to the main station will be called S_2 . Fig. 4a and 4b show a time relationship relating to the transmission and reception of data of a specific sampling timing. There is only a negligible time difference between the time taken from when S_1 has been transmitted from the main station till
20 when S_1 reaches the subordinate station and the time taken from when S_2 has been transmitted from the subordinate station till when S_1 reaches the main station. It is assumed that these times are equal to each other, and this is expressed as a transmission delay time T_d (a transmission path in which the transmission
25 delay times in both directions are equal can be actually

constructed). A transmission period T of S_1 and S_2 is set to two times or more of a maximum value of T_d that takes into account a variation component.

In Figs. 4a and 4b, a time period from when S_1 has been transmitted from the main station till when S_2 has been received by the main station is expressed as T_1 , and the main station measures this time T_1 . On the other hand, a time period from when S_2 has been transmitted from the subordinate station till when S_1 has been received by the subordinate station is expressed as T_2 , and the subordinate station measures this time T_2 . Then, the main station loads this time T_1 onto a data transmission format, and transmits it to the subordinate station, and the subordinate station receives this T_1 . On the other hand, the subordinate station loads this time T_2 onto a data transmission format, and transmits it to the main station, and the main station receives this T_2 .

Fig. 4a shows a declining slanted line that expresses the transmission of S_1 from the main station, and an inclined slanted line that expresses the transmission of S_2 from the subordinate station, and these lines cross each other. Thus, this shows a time relationship that $T_1 + T_2 = 2T_d$ is established. Fig. 4b shows a case where the slanted lines S_1 and S_2 do not cross each other, and a time relationship of $T_1 + T_2 > 2T_d$ is established.

Fig. 4a shows a case where the transmission of S_2 from

the subordinate station is delayed from the transmission of S_1 from the main station. As is clear from the drawing, in order to synchronize the signal transmission from both stations, it is necessary that the phase (timing) of the clock pulse of the subordinate station transmitting section is slightly advanced so that the transmission from the subordinate station is shifted in total to a left direction of the drawing as shown by an outline arrow mark. In other words, when $T_1 > T_2$, it is necessary to advance the transmission from the subordinate station, and on the other hand, when $T_1 < T_2$, it is necessary to delay the transmission from the subordinate station. Thus, both the main station and the subordinate station or either one of them carries out a clock pulse phase control so that T_1 becomes equal to T_2 .

When T_1 becomes equal to T_2 , S_1 and S_2 are transmitted exactly at the same time. Therefore, both the main station and the subordinate station can carry out all other operation including the generation of data of sampling timings at the same time. As a result, the synchronization of the sampling signals becomes complete.

Further, Fig. 4b is a case where the inclined lines that express the transmission do not cross each other at all. In this case, a relationship of $T_1 + T_2 = T + 2T_d$ always exists. In the case of Fig. 4b, it is apparent that it is possible to reach the synchronized state more quickly when the transmission

of S_2 by the subordinate station is shifted to a left direction as shown by the outline arrow mark.

It should be noted that, in the case of Fig. 4a, the transmission of S_2 by the subordinate station must be shifted to a left direction when $T_1 > T_2$, and must be shifted to a right direction when $T_1 < T_2$. However, in the case of Fig. 4b, the transmission of S_2 by the subordinate station must be shifted to a left direction when $T_1 < T_2$, and must be shifted to a right direction when $T_1 > T_2$. However, it is possible to easily solve this problem based on the above-described condition. In other words, in the case of Fig 4a, the relationship of $T_1 + T_2 < T$ is obtained from $T_1 + T_2 = 2Td$, and in the case of Fig 4b, the relationship of $T_1 + T_2 > T$ is obtained from $T_1 + T_2 = T + 2Td$. Therefore, it is possible to invert the control condition by using an exclusive OR circuit.

[Problems to be Solved by the Invention]

Based on the above-described method, the transmission timings of the data S_1 and S_2 of a predetermined specific identical sampling number are coincided with each other. In other words, the sampling timings of the main station and the subordinate station are coincided with each other to synchronize the above transmission timing. In this case, either the main station or the subordinate station advances or delays the phase of the clock pulse to make the sampling timings coincide with each other. This adjustment time length is a maximum $1/2$ of the

transmission period T of the data S_1 and S_2 of a specific sampling number. The shifting of the time difference between the sampling timings of both stations at one time to adjust the timings to coincide brings about a rapid change in the data transmission timing. This causes the receiver side to generate a data reception error. Therefore, in actual practice, the process of shifting the sampling timing by only an extremely short period of time within a range of not generating a data reception error is carried out repeatedly by a plurality of times. Thus, a desired adjustment is carried out. As a result, it has taken a long time to synchronize the sampling signals. Particularly, as the adjustment time length is as long as $T/2$, it takes an extremely long time to complete the adjustment depending on the situation.

Further, for measuring the time necessary for synchronizing the sampling signals, that is, the time from when the own station has transmitted the data S_1 or S_2 of a specific sampling number till when the other station has received the data S_2 or S_1 of the same sampling number, it is necessary that it is possible to measure the time period T for transmitting the data of the specific sampling number. A time-measuring counter of a relatively large number of bits is necessary, although it depends on the precision of time measuring. Therefore, there has been inconvenience that the number of bits of the time data (T_1 or T_2) to be transmitted to the other station

is large, and that a large number of bits occupy the transmission format.

The present invention has been made to solve such problems.

It is, therefore, an object of the invention to provide a sampling
5 signal synchronizing system that is capable of making sampling
timings and sampling numbers of a main station and a subordinate
station coincide with each other in a short time, capable of
decreasing the time measuring period, and capable of decreasing
the number of bits of time data, thereby increasing the
10 transmission efficiency.

[Means for Solving the Problems]

The present invention provides a synchronized control
system in which, when one station has transmitted a signal to
the other station, this other station obtains a time difference
15 between a time of a reception of the signal transmitted from
the one station and a time when this other station has transmitted
a signal immediately before, or a sampling timing. This other
station then returns the time difference to the one station.
Based on this returned information, a time difference between
20 a timing when the one station has received this returned
information and a time when the one station has transmitted
a signal immediately before or a sampling timing, and a sampling
number at the time of the reception, either station carries
out a fine-tuning control to make the sampling timings coincide
25 with each other, and then corrects the sampling number.

[Operation]

A station transmits a signal, and the other station receives this signal. A time difference between a reception time of this signal and a time when this other station has transmitted a signal immediately before is returned together with data of the reception of the signal. Based on this returned information, a time difference between a reception timing of the returned information and a time of a transmission immediately before or a sampling timing, and a sampling number at the time of the reception of the returned information, a fine-tuning control for making the sampling timings coincide with each other is first carried out. Then, a rough control for making the sampling numbers approximately coincide with each other is carried out. The measuring of the above time difference is carried out for a shorter period of time than the sampling period.

[Embodiments]

An embodiment of the present invention will be explained in detail based on the drawings. Fig. 1 is a timing chart showing a state of transmission and reception between a main station A and a subordinate station B. The main station A and the subordinate station B generate sampling numbers based on T as a period. In this case, one cycle (corresponding to an electric angle 360 degrees) is in a power system frequency (50 Hz or 60Hz). T_0 represents a period of a sampling timing, and this is assumed as an electric angle of 30 degrees. Therefore, T

= $12 \times T_0$. The sampling number changes from 0 to 1, 2, ---, 11 at each sampling timing. For the sake of convenience of the explanation, it is assumed that the sampling timing is the same as the transmission timing.

5 Then, the main station and the subordinate station mutually transmit and receive a sampling signal of a specific number. It is assumed that the main station A transmits data to the subordinate station B, and this is expressed as S_1 . In Fig. 1, the above specific sampling number is set as "0".

10 There is practically a negligible time difference between the time taken from when the data S_1 is transmitted from the main station A till when this data S_1 reaches the subordinate station B and the time taken from when a data is transmitted from the subordinate station B till when this data reaches the
15 main station A. Therefore, it is assumed that these times are equal to each other, and this is expressed as a transmission delay time T_d . As the two stations are not synchronized, the sampling numbers of both stations are deviated by six, for example, in the sate shown in Fig. 1. The sampling timings
20 are deviated by ΔT .

Next, the system of the present invention will be explained with reference to Fig. 1 and a flowchart in Fig. 2 that shows a data transmission/reception and data processing procedure of the subordinate station A and the main station B.

25 The data S_1 of a specific sampling number "0" is transmitted

from the main station A at every constant period ($T = 12 \times T_0$).

The data S_1 transmitted from the main station A reaches the subordinate station B after the transmission delay time T_d .

In this case, among various sampling timings, the subordinate

5 station B measures as T_s the time from the sampling timing immediately before receiving S_1 till the time of receiving S_1 .

This can be executed by counting a suitable clock by a counter that is reset at every sampling timing, and by stopping the counting at the time of the reception. When the subordinate

10 station B has received S_1 transmitted from the main station

A, the subordinate station B transmits a transmission data to

the main station A at the next sampling timing by loading, without

exception, a flag F_1 that shows the reception of S_1 and the

above T_s on the transmission data. In this example, the

15 subordinate station B transmits the transmission data of a

sampling number "10" to the main station A by loading the flag

F_1 and T_s on this data.

The main station A receives the flag F_1 and the measured

time T_s from the subordinate station B. The main station A

20 stores its own sampling number SA_2 at the time of the reception

by specifying the number as "7", and, at the same time, measures

as T_M the time taken from the sampling timing immediately before

the arrival of the data from the subordinate station B till

the reception of the data, from among various sampling timings.

25 The measuring means for this is similar to the T_s measuring

means of the subordinate station B.

The main station first carries out a fine-tuning control for making the sampling timings of the main station and the subordinate station coincide with each other.

5 As is clear from Fig. 1, the following relationship is always established between the transmission delay time T_d and the measured times T_M and T_s .

$$T_d + \Delta T = nT_0 + T_s \quad \text{--- (1)}$$

$$T_d = mT_0 + T_M + \Delta T \quad \text{--- (2)}$$

10 where n represents a sampling period from the sampling timing of the subordinate station nearest the time of transmitting S_1 till the reference sampling timing of measuring T_s , and

m represents a sampling period from the sampling timing
15 of the main station nearest the time of transmitting F_1 till the reference sampling timing of measuring T_M .

From the expressions (1) and (2), ΔT is obtained as follows.

$$\Delta T = \frac{(n-m)}{2} T_0 + \frac{(T_s - T_M)}{2} \quad \text{--- (3)}$$

20 As the absolute value of the sampling timing difference ΔT is within $T_0/2$, the first term $(n - m)$ on the right-hand side of the expression (3) can take only one of 0 and ± 1 .

Therefore, in order to set the sampling timing difference ΔT in the expression (3) to zero, the sampling timing of the
25 main station is advance/delay controlled to meet any one of

the following expressions. Thus, the synchronization is obtained.

$$T_s = T_M \quad (\text{when } n - m = 0) \quad \text{--- (4)}$$

$$T_0 + T_s = T_M \quad (\text{when } n - m = 1) \quad \text{--- (5)}$$

5 $T_0 + T_M = T_s \quad (\text{when } n - m = -1) \quad \text{--- (6)}$

Which one of the expressions (4) to (6) is to be used to control the sampling timings is determined by the values of n and m . In other words, there is the following relationship between n and m .

10 (a) when SA2 is an odd number

$$m = (SA2 - 1)/2, \quad n = (SA2 - 1)/2$$

(b) when SA2 is an even number

$$m = SA2/2, \quad n = SA2/2 - 1 \quad (T_M > T_s)$$

$$m = SA2/2 - 1, \quad n = SA2/2 \quad (T_M < T_s)$$

15 As the main station has the data of SA2, T_M and T_s , the $(n - m)$ is calculated based on these data, and an advance/delay control of the sampling timing is carried out to set $\Delta T = 0$. In this example, as $SA2 = 7$, $m = n = 3$, and therefore, $(n - m) = 0$. For a fine-tuning control, the phase control of the
20 sampling timing of the main station is carried out so that $T_s = T_M$ in the expression (4). The advancement/delay is determined based on a large/small relationship of T_s and T_M . In this example, as $T_s > T_M$, the sampling timing of the main station is advanced.

Based on the above-described fine-tuning control, the
25 sampling timings of both stations coincide with each other.

Next, a rough control for making sampling numbers of both stations coincide with each other is carried out. Fig. 3 shows a state after carrying out the above fine-tuning control. The main station recognizes a sampling number RA1 (in this case "10") of the data onto which the flag F1 has been loaded. The main station also recognizes that the data loaded with the flag F1 has been received when the sampling number is SA2 (in this case "7").

Based on SA2 and RA1, a delay ϵ in the sampling number of the main station from that of the subordinate station can be expressed by the expression (7) as follows.

$$\epsilon = RA1 - (SA2 + 1)/2 \quad \text{--- (7)}$$

In this example, $\epsilon = 10 - (7 + 1)/2 = 6$. Thus, the sampling number of the main station is delayed from the sampling number of the subordinate station by 6.

A relationship between the value of ϵ and the deviation in the sampling numbers between the main station and the subordinate station is as shown in Table 1.

Table 1

ϵ value	Relationship between the sampling number of the main station and that of the subordinate station
From -5 to -1	The sampling number of the main station is advance by $-\epsilon$ value
0	The sampling numbers of the main station and the subordinate station coincide with each other
From 1 to 10	The sampling number of the main station is delayed from that of the subordinate station by ϵ value

Next, the sampling number of the main station A is corrected by the sampling number difference ϵ calculated from the expression (7) so that the difference in the sampling numbers between the main station A and the subordinate station B becomes zero. In this example, the sampling number 8 is advanced by 6 so that the sampling number becomes 2. For this calculation, ϵ is added to the sampling number of the main station. When the sum does not exceed 12, this value is used as a new sampling number of the main station. When the sum exceeds 12, the surplus of 12 is used as a new sampling number of the main station. Based on the above-described fine-tuning control and the rough control, the sampling numbers and the sampling timings of both stations coincide with each other.

In the above embodiment, the main station controls the sampling timings and the sampling numbers. It is also possible that the subordinate station transmits data of a specific sampling number as shown by a two-dots chain line in Fig. 1 and carries out a similar control. This exhibits an entirely similar effect to that of the above embodiment. Further, when both the main station and the subordinate station carry out a similar operation and carry out the control of sampling timings at both stations, the time required for synchronizing the sampling timings becomes one half. Thus, it becomes possible to synchronize at a faster speed. However, in the case of the synchronization of the sampling numbers, it is necessary that

either the main station or the subordinate station carries out the control.

While a description has been made of a synchronization control between the two stations of the main station and the subordinate station in the above embodiment, the invention can
5 also be applied to the case of a synchronization control among three or more stations. In the case of a synchronization control among three stations, first, the synchronization control is carried out between two stations in the same manner as that
10 of the above embodiment. Then, a synchronization control is carried out between the remaining one station and one of the two stations that have been synchronized. In this manner, it is possible to obtain a similar effect to that of the above embodiment.

15 Further, in the above explanation of the embodiment, the time of transmitting the data S_1 from the main station to the subordinate station is a specific sampling number "0" for the sake of convenience. However, it is also possible to use other sampling number. When the sampling number is expressed as SA_1 ,
20 the expression (7) is modified as follows.

$$\varepsilon = RA_1 - SA_1 - (SA_2 - SA_1 + 1)/2 \quad \text{--- (7')}$$

Further, it is needless to mention that the application of the present invention is not limited to the protection relay unit. It is also possible to apply the present invention to
25 other units like a seismograph or a standard clock that requires

simultaneousness between two remote points.

[Effects]

As explained above, according to the present invention, it is possible to quickly carry out the correction of the sampling numbers as well as the adjustment of the sampling timings. In other words, the measuring time for synchronizing the sampling timings can be set to the time data equal to or smaller than the minimum sampling interval T_0 . Further, the number of bits of the time measuring data can be decreased, and the number of time counting circuits can be decreased. Furthermore, the number of bits of the time data to be mutually transmitted can also be decreased. As a result, it is possible to increase the data transmission efficiency.

Further, the flag $F1$ to be transmitted to the other station when a specific sampling number has been received can be constructed in a single bit. The transmission efficiency can be increased in this aspect as well. As the synchronization control is carried out by dividing the control into the rough adjustment and the fine-tuning adjustment, the time required for making the sampling timings coincide with each other between the main station and the subordinate station can be reduced substantially. As a result, there is an effect that it is possible to quickly carry out the synchronization.

Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a time chart for explaining the synchronizing system of the present invention, Fig. 2 is a flowchart showing a data transmission/reception and data processing procedure of the subordinate station and the main station, Fig. 3 is a time chart for explaining the rough control and fine-tuning control, and Fig. 4 is a diagram for explaining the principle of a conventional system.

A --- Main station, B --- Subordinate station.

系統用

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公告

⑫ 特許公報(B2)

平5-42209

⑬ Int. Cl.³
H 02 H 3/28

識別記号
W

庁内整理番号
9061-5C

⑭ 公告 平成5年(1993)6月25日

発明の枚 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 サンプリング信号同期方式

⑯ 特 願 昭61-106056

⑰ 公 開 昭62-262615

⑱ 出 願 昭61(1986)5月7日

⑲ 昭62(1987)11月14日

⑳ 発 明 者 大 垣 健 二 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 三菱電機株式会社制御製作所内

㉑ 発 明 者 中 川 欣 之 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番2号 三菱電機株式会社制御製作所内

㉒ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

㉓ 代 理 人 弁理士 高 田 守 外1名

審 査 官 山 崎 達 也

㉔ 参 考 文 献 特開 昭60-39310 (JP, A) 特開 昭50-49645 (JP, A)

1

2

① 特許請求の範囲

1 2装置夫々にて等周期でサンプリングして得たサンプリング信号を、これと同周期で変化し、且つ周期的に反復発生するサンプリング番号を含む共通の伝送フォーマットにてサンプリングと同

周期で2装置間で送受信する通信系統における同期方式において、

サンプリング番号の反復周期を2装置間での伝送遅延時間の2倍より長くすること、

10 信号を一装置から送信して他装置にて受信させた場合に、

当該受信時点と該他装置の直前の信号送信時点との間の時間Tsを該他装置にて測定すること、

前記他装置は、前記受信を繰り返すデータ及び前記時間の測定値Tsを前記一装置へ送信すること、

15 前記一装置は、前記他装置からの送信信号の受信時点と直前の信号送信時点との間の時間TMを測定すること、

前記一装置にて、この測定時間TMと前記他装置から送信されてきた時間の測定値Tsとに基づき、各装置におけるサンプリングタイミングの時間差ΔTを零にすべく該一装置又は他装置のサンプリングタイミングを調整し、次いで前記他装置からの送信信号の受信時点に係るサンプリング番

号RA1と、前記一装置の送信時点のサンプリング番号と、受信時点のサンプリング番号SA2とに基づき、両装置が発生するサンプリング番号を一致させるべく該一装置又は他装置のサンプリ

20 グ番号を $c = RA1 - \frac{SA2 - 1}{2}$ 式に基づき補正すること

を含むことを特徴とするサンプリング信号同期方式。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は遠隔地で同時にサンプリングした値を対比する如き用途の通信装置における同期方式、例えば送電線の保護継電装置に利用するサンプリング信号同期方式に関するものである。

(従来技術)

送電線における遠隔2点にて電流を測定し、これを比較して異常の有無を調べるデジタル保護継電装置(キャリヤリレー)が用いられるようになってきた。このような比較式保護継電装置では、送電線の2点での電流の瞬時値を一定周期でサンプリングしてA/D(アナログ/デジタル)変換した後、例えば、マイクロ波回線を用いて相互に相手装置へ伝送し、夫々自装置の値と受信した相

手装置の値とを比較することにより送電線の系統故障を監視している。

この場合、両装置でのサンプリングタイミングは共に同一時刻である必要があり、また、データを送出してから相手装置が受信するまでの時間、すなわち伝送遅延時間は、サンプリング周期より長く、その数倍となるのが普通である。

従ってサンプリングタイミングには、一連の繰返し番号を付すこととし、両装置で同一時刻にサンプリングしたデータには、同じ番号を付して伝送し合い、比較照合を確実にしめる必要がある。そして、この様な方式の保護継電装置では、タイミングとサンプリング番号との同期手段が非常に重要な課題となつてゐる。この種の信号同期方式としては、例えば特開昭50-49645号が提案されている。以下これにつき簡単に説明する。

第4図a、bは上述の特開昭50-49645号の発明の原理説明図である。以下、同期の主導権を握る側の装置を主局、従属同期する側の装置を従局と呼ぶこととし、主局から従局へ送信する特定のサンプリング番号のデータを S_1 、従局から主局へ送信するものを S_2 とする。第4図は特定のサンプリング番号のデータの送受信に関する時間的な関係を示したものであり、主局から出た S_1 が従局に着くまでの時間と、従局から出た S_2 が主局に着くまでの時間とは無視できる程度の差しか有せず、互いに等しいものとし、これを伝送遅延時間 T_d とする。(この様に両方向の伝送遅延時間が等しい伝送路は実際に構成できる。)また、 S_1 及び S_2 の送信周期 T は変動分を考慮した T_d の最大値の2倍以上にする。

そして第4図において、主局における S_1 の送信から S_2 の受信までの時間を T_1 として、この時間を主局にて計測し、一方従局における S_2 の送信から S_1 の受信までの時間を T_2 として、従局にてこの時間 T_2 を計測する。そして、主局は上記時間 T_1 をデータ伝送フォーマット上に乗せ込み、従局へ送出し、従局ではこの T_1 を受信する。逆に従局は、上記時間 T_2 を主局へ送出し、主局でこれを受信する。

この時、第4図aは、主局からの S_1 の伝送を示す下向きの斜線と、従局からの S_2 の伝送を示す上向きの斜線とが互いに交差する場合であり、 $T_1 + T_2 = 2T_d$ となる関係が成立しているときの時

間関係を示す。また第4図bは S_1 、 S_2 の斜線が交差しない場合であつて $T_1 + T_2 > 2T_d$ となる関係が成立しているときの時間関係を示す。

第4図aは、従局からの S_2 の送信が、主局からの S_1 の送信よりも時間的に遅れている場合であり、両局での同期をとるには図から明らかな如く従局送信部のクロックパルスの位相(タイミング)を少し進めて、従局からの送信を全体に図の白抜矢符のように左方向へ移動させる必要がある。すなわち、 $T_1 > T_2$ ならば従局からの送信を早め、逆に $T_1 < T_2$ ならば従局からの送信を遅らせる必要がある。そして主局、従局のいずれか一方、又は両方にて夫々クロックパルス位相制御を行い $T_1 = T_2$ とする様に制御する。

そして $T_1 = T_2$ となつた場合は、 S_1 と S_2 がまったく同時に送信されることになり、従つて、その他のサンプリング番号のデータの発生を含むすべての動作が主局と従局とで同一時刻に行わせることが可能になり、サンプリング信号の同期が完全となる。

また、第5図bは前記の伝送を示す斜線がまったく交差しない場合であり、この場合は $T_1 + T_2 = T + 2T_d$ なる関係が常に成立する。そして、従局の S_2 の送信は、この第5図bの場合は同図の白抜矢符のように左方向へ移動させた方が同期状態により早く到達できることが明らかである。

ここで注目すべきことは、第5図aの場合は、 $T_1 > T_2$ で左方向へ、また $T_1 < T_2$ で右方向へ各々移動させる従局 S_2 の送信を、同図bの場合では $T_1 < T_2$ で左方向へ、また $T_1 > T_2$ で右方向へ各々移動させなければならないことである。しかし前記した前提条件によりこの問題を容易に解決することができる。すなわち、同図aでは $T_1 + T_2 = 2T_d$ から $T_1 + T_2 < T$ となり、また同図bでは $T_1 + T_2 = T + 2T_d$ から $T_1 + T_2 > T$ となるので、排他的論理和回路により制御条件を反転させてやればよい。

(発明が解決しようとする問題点)

さて上記の方法にて、あらかじめ定められた特定の同一サンプリング番号のデータ S_1 、 S_2 の送信タイミング、従つてこれと同期させるべき主局、従局のサンプリングタイミングを一致させる。このとき、主局または従局のいずれかでサンプリングタイミングを合せる為に、クロックパルスの位

相を進め、或いは遅らせるがこの調整時間幅は、特定のサンプリング番号のデータ S_1 、 S_2 の送信する周期 T の最大 $1/2$ の時間である。この両局のサンプリングタイミングの時間差をタイミングの一致調整のために一度にずらすこととする場合はデータ送信タイミングを急激に変化させる事になり、受信端側にて受信データエラーを生じるから実際には受信データエラーを生じない範囲の極めて短い時間ずつサンプリングタイミングをずらす処理を複数回繰返して所期の調整を行う。この為、サンプリング信号の同期をとるのに長時間を要していた。特に調整時間幅が $T/2$ に及ぶので、場合によっては調整完了までの時間は極めて長いものとなる。

また、サンプリング信号の同期をとる為に必要な時間、すなわち自局が特定サンプリング番号のデータ S_1 または S_2 を送信してから、相手局の同一サンプリング番号のデータ S_2 または S_1 を受信するまでの時間の計測には、特定サンプリング番号のデータを送信する総期 T の時間を計測できるものである事が必要である。時間計測精度にもよるが、比較的大きいビット数の時間計測用カウンタが必要である。従って、相手局へ送信する時間データ(T_1 または T_2)のビット数も多く、伝送フォーマット上に多くのビット数を占有するという不都合がある。

本発明は斯かる問題点を解決するためになされたものであり、主局および従局のサンプリングタイミング及びサンプリング番号を、短時間で一致させるとともに、時間計測も短時間でよく、時間データのビット数を短くして伝送効率を高め得るサンプリング信号同期方式を提供することを目的としている。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は一局が発する信号の他局における受信時点と、該他局における直前の送信時点又はサンプリングタイミングとの時間差を求め、この時間差を前記一局へ返信し、この返信情報と、該一局におけるこの返信情報の受信タイミング、つまり直前の送信時点又はサンプリングタイミングとの時間差及び当該受信時点のサンプリング番号等に基づき、いずれかの局にてまずサンプリングタイミングを一致させるべき微調整を行い、次いでサンプリング番号の補正を行う粗調整を行う

方式である。

〔作用〕

局が信号を送信し、これを他局が受けとり、その受信時点と該他局における直前の送信時点との時間差を、受信を報じるデータと共に返信してくる。この返信情報と、返信情報受信時点と直前の送信時点又はサンプリングタイミングとの時間差と、返信情報受信時点のサンプリング番号等にて、まずサンプリングタイミングの一致を行わせる微調整をし、次いでサンプリング番号を略一致させる粗調整を行う。上記時間差の計測はサンプリング周期より短い時間行われる。

〔実施例〕

以下本発明をその実施例を示す図面に基づいて詳述する。第1図は主局Aと従局Bとの間の送受信状態を示すタイミングチャートである。主局A、従局Bは T を周期としてサンプリング番号を発生し、ここでは電力系統の周波数(50Hzまたは60Hz)における1サイクル(電気角360度相当)である。 T はサンプリングタイミングの周期であり、ここでは電気角30度とする。従って $T=12 \times T_s$ となり、サンプリング番号はサンプリングタイミングごとに0, 1, 2, ..., 11と変化していく。また説明の便宜上、サンプリングタイミングと送信タイミングを同一とする。

そして特定のサンプリング番号のデータを主、従局間にて送受するが、ここでは主局Aから従局Bへ送信するものとし、これを S_1 とする。そして第1図においては、上記特定サンプリング番号を「0」としている。

主局Aから出たデータ S_1 が従局Bに着くまでの時間と、従局Bから出たデータが主局に着くまでの時間とが、事実上無視できる程度の差を有するだけであるので、これらを互いに等しいものとし、これを伝送遅延時間 T_d とする。両局での同期がとれていない第1図の状態下では両局のサンプリング番号は例えば6だけずれており、サンプリングタイミングは ΔT だけずれている。

次に本発明方式を第1図と、主局A、従局Bの送受信、データ処理手順を示す第2図のフローチャートにより説明する。

主局Aからは、一定周期($T=12 \times T_s$)毎に特定サンプリング番号「0」のデータ S_1 が送信される。主局Aから送信された S_1 は、伝送遅延時間

Td後に、従局Bに着信する。この時、従局Bでは、各サンプリングタイミングのうちで S_i を受信する直前のサンプリングタイミングから S_i を受信するまでの時間を T_s として計測する。これはサンプリングタイミングごとにリセットされるカウンタにて適宜のクロックを計数させ、受信時に計数を停止することで実施できる。そして従局Bでは、主局Aからの S_i を受信すると、必ず次のサンプリングタイミングの主局Aへの送信データに S_i を受信を表すフラグF1と上記 T_s とを乗せて送信する。この例では従局Bはサンプリング番号「10」の送信データにフラグF1及び T_s を乗せて主局Aへ送信する。

主局Aでは、従局BからフラグF1および計測時間 T_s を受信する。主局Aはこの受信時における自局のサンプリング番号SA2、ここでは「7」を特定して記憶するとともに、各サンプリングタイミングのうち、従局Bからのデータが着信する直前のサンプリングタイミングから、当該データを受信するまでの時間を T_M として計測する。この計測手段は従局Bの T_s 計測手段と同様である。さて主局はまず主局-従局の各々のサンプリングタイミングを合致させる微調制御を行う。

第1図に明らかなように伝送遅延時間Td、計測時間 T_M 、 T_s の間には次の関係が常に成立する。

$$T_d + \Delta T = nT_s + T_s \quad \dots(1)$$

$$T_d = mT_s + T_M + \Delta T \quad \dots(2)$$

但し、 n は S_i 送信時に至近する従局のサンプリングタイミングから、 T_s 計時基準のサンプリングタイミングまでのサンプリング周期数

m はF1送信時に至近する主局のサンプリングタイミングから T_M 計時基準のサンプリングタイミングまでのサンプリング周期数

(1)、(2)式より ΔT を求めると

$$\Delta T = \frac{(n-m)}{2} T_s + \frac{(T_s - T_M)}{2} \quad \dots(3)$$

サンプリングタイミング差 ΔT の絶対値は $T_s/2$ 以内であるから(3)式の右辺第1項の $(n-m)$ は0、±1のいずれかの値しかとり得ない。

従つて、(3)式に於いてサンプリングタイミング差 ΔT を零にするためには、

$$T_s = T_M \quad (n-m=0 \text{ の場合}) \quad \dots(4)$$

$$T_s + T_s = T_M \quad (n-m=1 \text{ の場合}) \quad \dots(5)$$

$$T_s + T_M = T_s(n-m=-1 \text{ の場合}) \quad \dots(6)$$

のうちのいずれかの演算式を満足するように主局のサンプリングタイミングを進退制御すると、その同期がとれることになる。

(4)~(6)式のいずれに基づきサンプリングタイミングの制御を行うかは n 、 m によつて定まる。即ち n 、 m の間には以下の関係が成立する。

(i) SA2: 奇数の場合

$$m = \frac{SA2-1}{2}, \quad n = \frac{SA2-1}{2}$$

(ii) SA2: 偶数の場合

$$m = \frac{SA2}{2}, \quad n = \frac{SA2}{2} - 1 \quad (T_M > T_s)$$

$$m = \frac{SA2}{2} - 1, \quad n = \frac{SA2}{2} \quad (T_M < T_s)$$

主局はSA2、 T_M 、 T_s のデータを有しているのでこれにより $n-m$ を算出し、 $\Delta T=0$ とすべきサンプリングタイミングの進退制御を行う。この例ではSA2=7であるので、 $m=n=3$ 、従つて $n-m=0$ となり、微調制御としては(4)式の $T_s=T_M$ となるように、主局のサンプリングタイミングの位相制御を行う。その進退は T_s と T_M の大小関係に基づいて定めればよく、この例では $T_s > T_M$ であるので、主局のサンプリングタイミングを進める。

以上の微調制御によりサンプリングタイミングが両局にて一致する。次にサンプリング番号を両局で一致させる粗調制御を行う。第3図は上記微調制御後の状態を示している。主局はフラグF1を乗せ込んできたデータのサンプリング番号RA1（この例では「10」）を認知する。またこのフラグF1を乗せ込んできたデータがサンプリング番号SA2（この例では「7」）のときに受信したことも認知している。

これらSA2、RA1を用いると従局に対する主局のサンプリング番号の遅れ c は下記(7)式にて表せる。

$$c = RA1 - \frac{SA2+1}{2} \quad \dots(7)$$

この例では $c = 10 - (7+1)/2 = 6$ となり主局が従局に対して6サンプリング番号分遅れていることになる。

c の値と主、従局のサンプリング番号のずれとの関係は第1表のとおりである。

第 1 表

ϵ 値	主局と従局間のサンプリング番号関係
-5~-1	主局が ϵ 値分だけ進んでいる
0	主局と従局のサンプリング番号が一致している
1~10	主局が ϵ 値分だけ遅れている

次に(7)式により算出されたサンプリング番号差 ϵ 分だけ主局Aのサンプリング番号に対して補正を行うことによつて主局A、従局B間のサンプリング番号差を0とする。この例ではサンプリング番号8を6だけ進めて2とする。これは主局のサンプリング番号に ϵ を加算し、12を越えない場合はその数値に、12を越える場合は12の剰余を新しい主局のサンプリング番号とする。以上の如き微調整及び粗調整によりサンプリング番号及びサンプリングタイミングは両局で一致することになる。

なお、上記実施例では主局に於いてサンプリングタイミング及びサンプリング番号を制御したが、第1図に2点鎖線で示すように従局側から特定サンプリング番号のデータを送って同様の演算制御を実施することも可能であり、上記実施例と全く同様の効果を奏する。また主局・従局、両局に於いて、同様の演算を実施し、各々自局に於いてサンプリングタイミングを制御すれば、サンプリングタイミングの同期に要する時間は1/2となり、なお一層高速に同期させることができる。但しサンプリング番号の同期については主局又は従局いずれかに於いて制御を行う必要がある。

また上記実施例では、主局・従局の2局間の場合について説明したが本発明は3局間以上の場合であつても適用でき、例えば3局間ではまず、2局間に於いて上記実施例と同一制御により同期をとった上で残りの1局と既に同期のとれた2局の

内の1局との間で同制御により同期をとればよく、上記実施例と同様の効果を奏する。

また上記実施例の説明では便宜上主局から従局へのデータS_iの送信時点を特定サンプリング番号「0」としているが、他のサンプリング番号であつてもよい。この場合のサンプリング番号をSA1とすると(7)式は次のように改められる。

$$\epsilon = RA1 - SA1 - \frac{(SA2 - SA1 + 1)}{2} \quad \dots (7')$$

更に、本発明は保護継電装置に限らず遠隔2点間で、同時刻性の必要な、例えば地震計、標準時計等にも適用できることは言うまでもない。

(効果)

以上のようにこの発明によれば、サンプリングタイミングの調整のみならず、サンプリング番号の補正が速やかに行われる。即ちサンプリングタイミング同期のための測定時間を最小サンプリング間隔T_s以下の時間データとでき、時間測定データのビット数も少なくなり、その計時回路も少なくてすむ。さらに、相互に伝送し合う時間データのビット数も少なくてよく、データ伝送の効率を高める事が出来る。

更に、特定サンプリング番号受信時、相手局に返信するフラグF₁は単一ビットで構成でき、この点でも伝送効率が高まる。そして同期制御が粗調整と微調整に分割して行われる為、主局-従局間のサンプリングタイミングを一致させる時間が大幅に短縮でき同期引込みを速やかにとれる効果がある。

30 図面の簡単な説明

第1図は本発明の同期方式の説明のためのタイムチャート、第2図は主局、従局の送受信、データ処理手順を示すフローチャート、第3図は粗調整、微調整の説明のためのタイムチャート、第4図は従来方式の原理説明図である。

A.....主局、B.....従局。

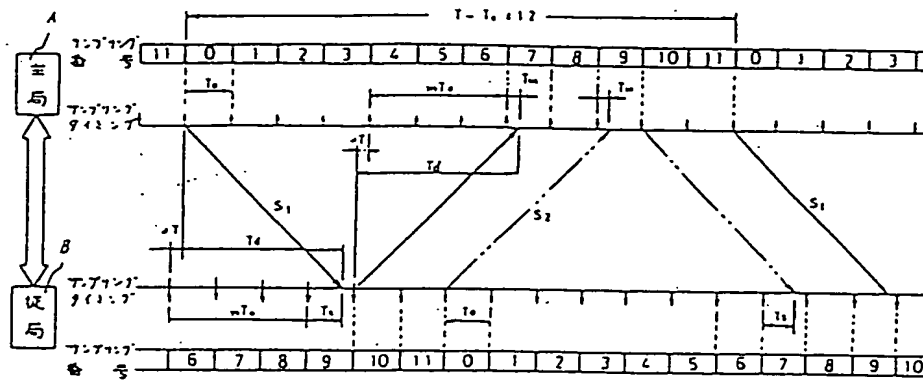


図 1

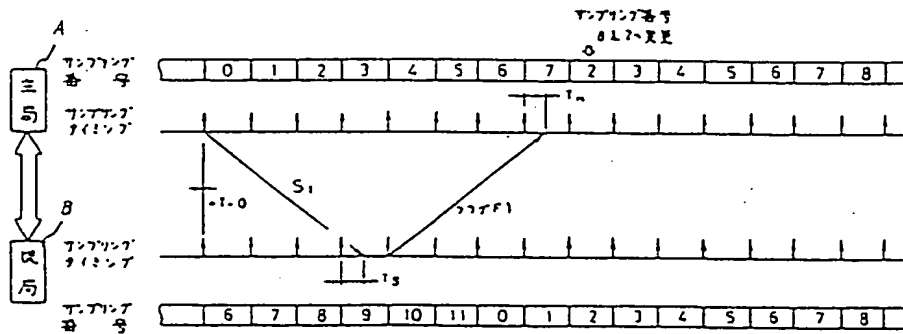
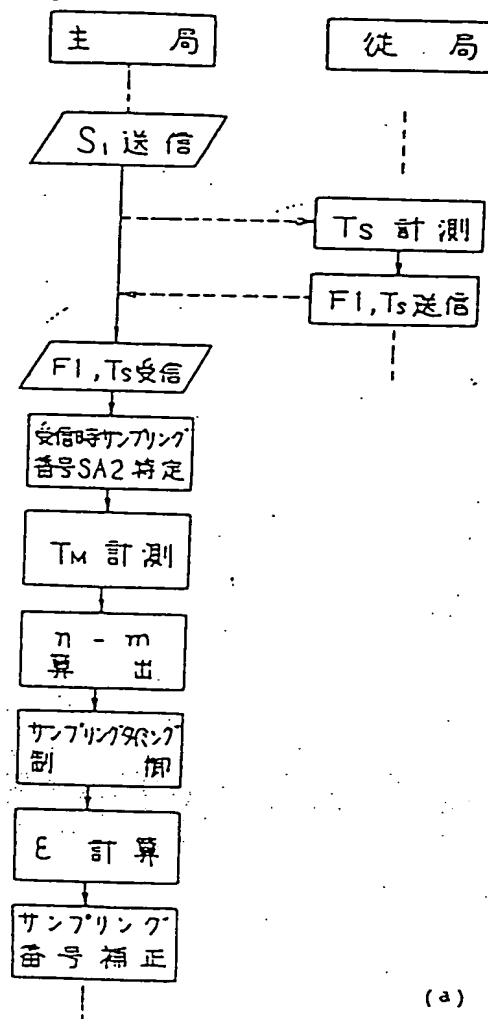
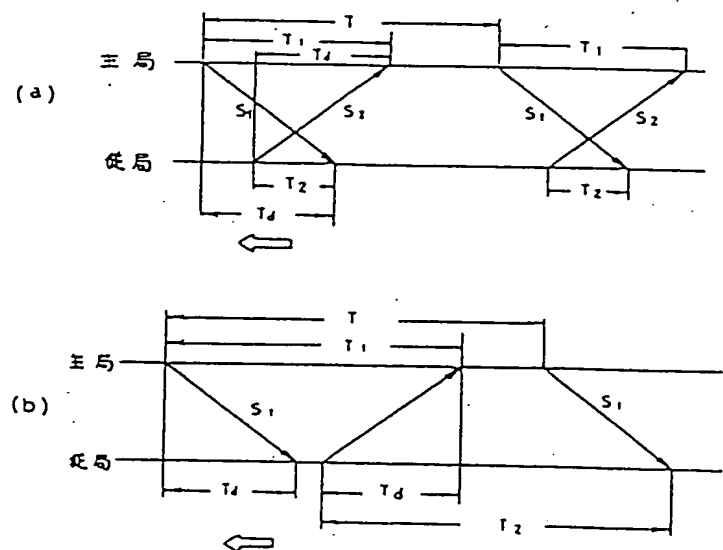


図 2



第 2 図



第 4 図